

TUOTELEHTI

PO-2016 MUKAISEEN
PAALUTUKSEN
SUUNNITTELUUN JA
PAALUTUSTYÖHÖN
RT BETONIPAALUILLA®



TUOTELEHTI

PO-2016 MUKAISEEN PAALUTUKSEN SUUNNITTELUUN JA PAALUTUSTYÖHÖN RT BETONIPAALUILLA® / 15.09.2018

Tämä Tuotelehti korvaa Rakennusteollisuus ry:n aiemman julkaisun "TUOTELEHTI PO-2011 mukaiseen paalutustyöhön" vuodelta 2013.

Tämän Tuotelehden mukaisia RT Betonipaaluja® ovat oikeutettuja valmistamaan Rakennusteollisuus RT ry:n Betoniteollisuustoimialan Paalujaoksen jäsenyritykset, joilta saat myös lisätietoa aiheesta. RT Betonipaalu® on Betoniteollisuus ry:n (Betonía Oy) rekisteröity tavaramerkki.

RT Betonipaalujen® valmistajat/toimittajat

- HTM Yhtiöt Oy (www.htmyhtiot.fi)
- Lujabetoni Oy (www.lujabetoni.fi)
- TB-Paalu Oy (www.jvb.fi)

Paaluvarusteiden valmistajat/toimittajat

- Emeca Oy (www.emeca.fi)
- Leimet Oy (www.leimet.fi)

Lisäksi julkaisun laadintaan ovat osallistuneet

Olli Asp, A-Insinöörit Suunnittelu Oy
Jukka Haavisto, TTY
Henri Kiiski, YIT Rakennus Oy
Anssi Laaksonen, TTY
Teemu Riihimäki, Kiwa Inspecta Oy

Ulkoasu ja taitto: Mika Kautto
Julkaisija: Rakennusteollisuus RT ry, Betoniteollisuustoimiala
Copyright: Rakennustuoteteollisuus ry

1. YLEISTÄ

Tämä Tuotelehti käsittelee lyömällä asennettavia teräsbetonipaaluja (RT Betonipaalu[®]), joiden nimelliskoko on 250x250, 300x300 ja 350x350 mm².

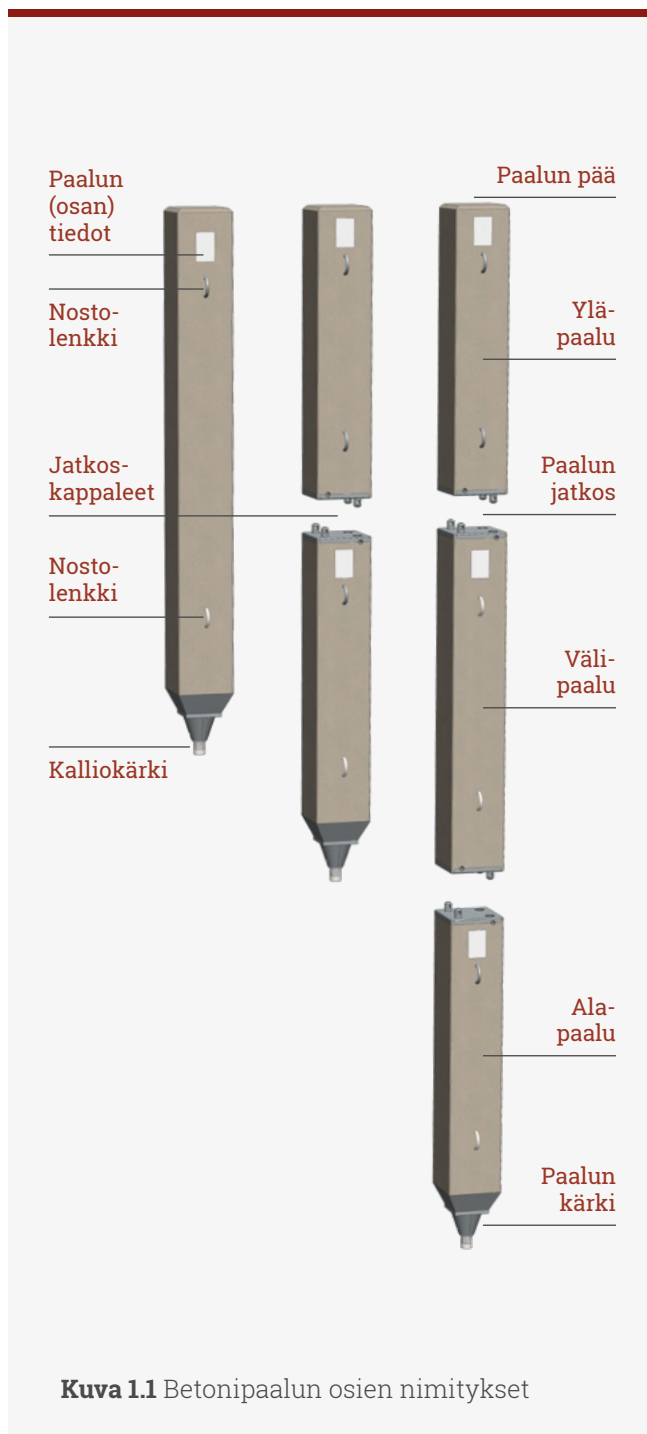
Teräsbetonipaalujen tulee olla CE-merkittyjä ja kansallisen Paalutusohjeeseen 2016 (RIL 254-2016) vaatimusten mukaisia.

Kalliokärjillä on Suomen Betoniyhdistys ry:n myöntämä käyttöseloste.

Tuotelehti pohjautuu Paalutusohjeeseen 2016 PO-2016 (RIL 254-2016) ja korvaa aikaisemmat Tuotelehden versiot. Tuotelehden mukaisten RT Betonipaalujen[®] ominaisuudet täyttävät seuraavien standardien ja ohjeiden vaatimukset:

- SFS-EN 1992-1-1 Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu
- SFS-EN 12794 Betonivalmisosat. Perustuspaalut
- SFS-EN 12699 Pohjarakennustyöt. Maata syrjäyttävät paalut
- SFS-EN 13369 Betonivalmisosien yleiset säännöt
- SFS-EN 206 Betoni. Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus
- SFS 7022 Betoni. Standardin SFS-EN 206:2014 käyttö Suomessa
- Paalutusohje 2016 (RIL 254-2016)

Paalut ja niissä käytettävät tarvikkeet ja varusteet valmistetaan tehdasolosuhteissa. Laadunvalvonta on kolmannen osapuolen varmentama.



Kuva 1.1 Betonipaalun osien nimitykset

1.2 Käyttökohteet

Teräsbetonipaalua voidaan käyttää erilaisten rakennusten ja infrarakenteiden paaluperustuksiin. Tyypillisiä käyttökohteita ovat liikenne- ja väylärakenteet, teollisuusrakennukset sekä massiiviset koneperustukset ja asuinrakentaminen, kuten kerros- ja pientalot.

Uudistuneen teräsbetonipaalun etuja ovat muun ohella

- Hyvä korroosionkestävyys
- Suuri nurjahduskestävyys
- Ympäristöystävällisyys
- Suuri kantavuus
- Nopea ja turvallinen jäykkäjätkos
- Kilpailukykyinen hinta
- Koko maan kattava paalutehdasverkosto

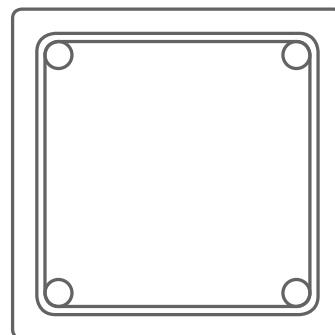


1.3 Paalutyypit ja varusteet

Paaluissa käytettävä betoni valmistetaan standardin SFS-EN 206 mukaisesti. Betonin lujuus on C40/50 (K-50) tai C45/55 (K-55).

Raudoitteissa käytetään pääteräksinä tyyppi-
hyväksyttyjä harjateräksiä, jotka täyttävät
Paalutusohjeen 2016 tekniset vaatimukset.

Kalliokärjessä on karkaistu kärkitappi,
joka varmistaa paalun tartunnan kallion pintaan.



1.3.1 Tyypit, mitat ja materiaalit

Taulukko 1.1 RT Betonipaaluja® perustiedot

Paalutyyppi	Sivumitta [mm]	Paino [kg/m]	Poikki- leikkauksen ala [mm ²]	Vaipan ala [m ² /m]	Betonin lujuus [MPa]
RTB-250-16	250	156	62 500	1,00	C40/50
RTB-300-16	300	225	90 000	1,20	C40/50
RTC-300-16	300	225	90 000	1,20	C45/55
RTC-350-16	350	307	122 500	1,40	C45/55

1.3.2 Paalutusohjeiden PO-2016 ja PO-2011 mukaisten paalutyyppien vastaavuudet

Taulukko 1.2 Paalutyyppien vastaavuudet

Paalutusohje PO-2016:n mukaiset RT Betonipaaluja® tyypit	Paalutusohje PO-2011:n mukaiset paalutyyppit
RTB-250-16	TB250b
RTB-300-16	TB300b
RTC-300-16	TB300c
RTC-350-16	TB350a
Näillä voi suoraan korvata PO-2011 mukaiset vastaavat paalutyyppit	HUOM! Näillä ei voi korvata PO-2016 mukaisia RT Betonipaaluja® ilman tarkempia lisätarkasteluja.

1.3.3 Valmistustoleranssit

Mikäli paalun sivumitta on nimellismittaa suurempi, voidaan betonipeitteen paksuus mitata nimellimitasta.

Paalun nimellispituus: +150mm / -100mm

RT Betonipaalu® valmistetaan RT:n piirustusten ja PO-2016 mukaisesti.

Jatkettavien sekä yksimittaisten RT Betonipaalujen® valmistusmitat

RTB-250-16	3–13 m
RTB-300-16	3–15 m
RTC-300-16	3–15 m
RTC-350-16	3–14 m

Teräsbetonipaalujen valmistuspituudet määritellään vakiopituuksina tasametrein.



1.4 Merkintä

Tämän Tuotelehden mukaisesti valmistettu RT Betonipaalu® on merkitty Rakennusteollisuuden RT- tunnuksella, paalun poikkileikkauksen mitalla ja perustana olevan Paalutusohjeen julkaisuvuodella sekä tarvittaessa säilyvyyteen viittaavalla tunnuksella.

Esim. RTB-300-16SR, jossa

- RTB on RT Betonipaalun® tyyppi (RTB, RTC), kirjaintunnus B tai C osoittaa paalun kantavuusluokkaa
- 300 on paalun poikkaismitta (250 mm, 300 mm, 350 mm)
- 16 tarkoittaa, että tuote on PO-2016 mukainen
- SR rasisluokka muu kuin XC2, sulfaatinkestävyys (-, SR, E, SRE)

Paalun valmistaja Oy
Perustajantie 1
00100 Osoite
www.valmistaja.fi/DoP
DoP: 333
EN 12794
Perustuspaalut
Paaluluokka 1
Jatkoluokka A


18


Paalun tyyppi



RTB-300-16SR

Paalun tiedot

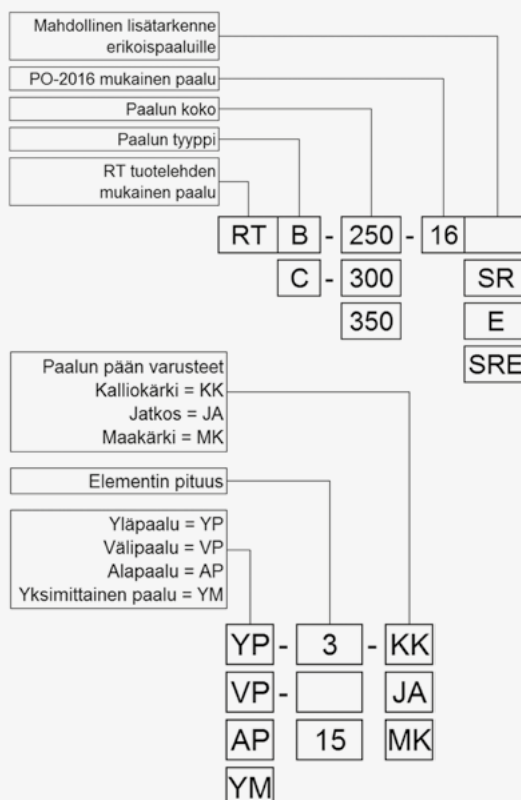
AP-12-KK

Paaluelementin paino
2700 kg

Valupäivä
14.2.2018

Paalun pituus
12 m

Rasitusluokat
XC2, XA3



Kuva 1.2 Esimerkki betonipaalun tuotemerkinnästä

2. SUUNNITTELU

2.1 Geotekniset tutkimukset

2.1.1 Pohjatutkimukset

Pohjatutkimuksien yleisiä vaatimuksia koskevat standardit SFS-EN 1997-1 ja SFS-EN 1997-2 sekä huomioon otettavat kansalliset asiakirjat. Yksityiskohtaisia ohjeita ja suosituksia pohjatutkimuksista annetaan Paalutusohjeessa 2016.

2.1.2 Maaperätutkimukset

Tulee selvittää, vaikuttaako teräsbetonipaaluja ympäröivän maaperän ominaisuudet paalujen säilyvyyteen. Tämä suositellaan tehtäväksi maaperätutkimuksilla, mikäli maaperän ominaisuuksia ei muiden selvitysten perusteella tunneta riittävästi.

Maaperä- ja pohjavesianalyysien perusteella määritellään teräsbetonipaaluihin kohdistuvat rasisitusluokat, jotka vaikuttavat paaluilta vaadittaviin ominaisuuksiin. Lisätietoa ks. Paalutusohje PO-2016, OSA 1, kohdat 3.2.4 ja 4.7.6.2.

2.2 Säilyvyys

2.2.1 Rasisitusluokat

Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelulla tarkoitetaan rakenteiden kestävyys suunnittelua säilyvyyden osalta. Lähtötietona käyttöikäsuunnitteluun tarvitaan materiaali- ja rakennetietojen lisäksi ympäristöolosuhteet (rasitusluokat) sekä ajanjakson pituus, jonka rakenteen edellytetään kestävän (suunniteltu käyttöikä).

Rasisitusluokat kuvaavat millaisiin ympäristöolosuhteisiin (rasituksiin) betonirakenne joutuu käyttöikänsä aikana:

1. Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio

- XC1 pysyvästi vedenalainen paalu
- XC2 Märkä, harvoin kuiva. Paalujen yleisin rasisitusluokka.

2. Kloridien (ei-merivesi) aiheuttama korroosio XD (esim. maantiesuola)

- esiintyy paaluissa vain erittäin poikkeuksellisissa tapauksissa
- XD2, mikäli pohjaveden kloridipitoisuus > 1000 mg/l

3. Kloridien (merivesi) aiheuttama korroosio XS

- XS2, mikäli pohjaveden kloridipitoisuus > 1000 mg/l

4. Jääditys-sulatusrasitus XF

- ei normaalisti esiinny paaluissa

5. Sulfaattirasitus XA

- määritellään maaperä-/pohjavesianalyysien tai vastaavien selvitysten perusteella PO-2016 OSA 1, kohtien 3.2.4 ja 4.7.6.2 mukaisesti.

6. Muu kemiallinen rasisitus XA

- vaatimukset määritellään tapauskohtaisesti (esim. kemiallisesti saastunut maa).

Paaluille voidaan määritellä normaalin XC rasisitusluokan lisäksi täydentäviä rasisitusluokkia, mikäli siihen on perusteltu syytä, eli on mahdollista, että maaperä/pohjavesi sisältää sulfaatteja, klorideja tai muuta kemiallista rasisitusta. Tällöin on pitoisuudet selvitettävä maaperä-/pohjavesianalyysillä. Osoitteesta www.gtk.fi löytyy Geologian tutkimuskeskuksen happamien sulfaattimaiden alueellisten yleiskartoitusten tuloksia.

Esimerkiksi pakkasrasitusluokalle paalut eivät normaalisti altistu maanalaisina rakenteina ja näin XF-rasisitusluokkia ei tarvita. Myöskään jäänsulatusaineet (XD-luokat) eivät normaalisti aiheuta paaluihin rasisituksia, vaikka paalut olisivat esim. tierakenteen yhteydessä. Mikäli paaluja käytetään esim. laiturirakenteissa niin, että paalut ovat alttiina merivedelle ja jäätymiselle, on säilyvyysuunnittelu tehtävä laiturirakenteiden periaatteiden mukaisesti.

XA rasisitusluokat valitaan maaperä-/pohjavesianalyysin perusteella ja muihin kuin sulfaattirasitukseen perustuvat XA-luokat ja tarvittavat kemiallisten rasisitusten aiheuttamat vaatimukset suunnittelijan tulee määritellä tapauskohtaisesti.

2.2.2 Paalutuotteet ja niiden soveltuvuus eri rasisitusluokkiin

Taulukko 2.1 RT Betonipaalojen® tyypit eri rasisitusluokkiin

	Vakiopaalu	Vakiopaalu + SR sementti	E-paalu	E-paalu + SR sementti
Paalutyyppi	RTx-xxx-16	RTx-xxx-16SR	RTx-xxx-16E	RTx-xxx-16SRE
RTB-250-16	XC2	XC2 + XA2	-	-
RTB-300-16	XC2	XC2 + XA2	XC2 + XS2/XD2 + XA1	XC2 + XS2/XD2 + XA2
RTC-300-16	XC2	XC2 + XA2	XC2 + XS2/XD2 + XA1	XC2 + XS2/XD2 + XA2
RTC-350-16	XC2	XC2 + XA2	XC2 + XS2/XD2 + XA1	XC2 + XS2/XD2 + XA2
	VAKIOPAALU			

- Muut kuin vakiopaalut ovat tilaustuotteita. Vakiopaalu on varustettu kalliokärjellä
- Suunniteltu käyttöikä max. 100 vuotta.
- Paalutyyppien tuotemerkinnät, katso kohta 1.4.
- Taulukossa mainittujen rasisitusluokkien XA1 ja XA2 kemiallinen rasisitus muodostuu sulfaattirasituksesta.

Vakiopaalu on normaalisti suunniteltu täyttämään rasisitusluokan XC2 vaatimukset (suunniteltu käyttöikä 100 v).

Sulfaattirasituksen perusteella XA1 ja XA2 luokitelluissa rasisitusluokissa vaatimukset täyttäviä paalutuotteita valmistetaan betonin koostumusta muuttamalla. XS ja XD rasisitusluokat edellyttävät myös paalun rakenteellisia muutoksia (E-paalu).

2.2.3 Suunniteltu käyttöikä

Teräsbetonipaalut suunnitellaan normaalisti 100v käyttöiälle. Mikäli suunnittelukäyttöikä ylittää 100 vuotta, on paalojen säilyvyysuunnittelu tehtävä tapauskohtaisesti.

2.3 Suunnittelu ja ominaisuudet

Suunnitelmissa tulee ottaa huomioon ja ilmoittaa

- Paalun tyyppi
- Paalun kärjen tyyppi
- Paalun jatkaminen, sijainti ja ohjeet paalujen jatkamisesta
- Paalutustyöluokka
- Noudatettavat toleranssit (ks. PO-2016, osa 2 kappale 4.4.3)
- Suunniteltu käyttöikä
- Rasitusluokat, muille rasitusluokille kuin XC2 myös perustelut
- Katkaisutaso/kiinnitys anturaan (paaluittain)
- Paalutusjärjestys – mahdollinen koepaalutus
- Tarvittava työpeti, kivistä ja epähomogeenista työpetiä käytettäessä otettava huomioon sijaintipoikkeaman kasvaminen tavanomaisesta
- Suurin paalukuorma (F_{cd}) murtorajatilassa
- Paaluluettelo (paalujen numerointi, sijainti (X, Y, Z), paalutyyppi, -koko, -kärki, vinopaalujen kaltevuudet, tavoite- ja katkaisutaso/kiinnitys anturaan (paaluittain))
- Tarvittavat tiedot PDA-mittauksen suorittamiseksi tai loppulyöntiehto

Lisäohjeita suunnittelijalle

- Paalun kuormitus lasketaan Paalutusohjeen 2016 (RIL-254-2016) OSAN 1 kohdan 4.2 mukaisesti.
- PDA-mitattavat paalut tai paalujoukot tulee yksilöidä. PDA-mittauksella saatavat kantavuuden keski- ja minimiarvo esitettävä suunnitelmissa paalujoukoittain. PDA-mittauksen perusteella on mahdollista määrittää paaluille loppulyöntiehto ja varmistua oikeasta tavoitetasosta.
 - Mitattavaksi paalujoukoksi katsotaan riittävän samankaltaisissa geoteknisissä olosuhteissa olevat samanlaiset paalut
- Suomessa ensisijainen vaihtoehto on varustaa paalut kalliokärjin (PO-2016 kohta 3.9.4.1). Tukipaalut tulee varustaa aina kalliokärjellä.
- Mikäli poiketaan Tuotelehden vakiopaalusta esimerkiksi lisäämällä paalun rakenteellista kapasiteettia betonin lujuusluokkaa nostamalla ja/tai terästä lisäämällä, tulee varmistua paaluun liittyvien varusteiden riittävästä kapasiteetista.
- Paalun rasitusluokka on tyypillisesti XC2. Rasitusluokan noston perusteet olisi hyvä ilmoittaa suunnitelmissa.
- Paalut pyritään katkaisemaan tasakatkaisuna perustuksen pohjan suuntaisesti ja ulottaen ne vähintään 50 mm anturan sisään. Perustuksen lävistyskapasiteettia määritettäessä laatan paksuudeksi valitaan paalun pään yläpuolella oleva laatan osa.
- Paalujen katkaisutasoa ei tulisi suunnitella alle 100-200 mm maanpinnasta, riippuen katkaisuun käytettävästä kalustosta.
- Työpedin vaikutus paalutustyön suorittamiseen ja paalujen asennusjärjestykseen tulee ottaa huomioon. Esimerkiksi viimeiset paalut tulee pystyä lyömään tasaiselta työpediltä.
- Ympäristön esteet ja paalutuskoneen rajoitukset vinopaalujen lyönnille eri suunnissa tulee ottaa huomioon.
- Paalujen kaltevuuden ääriarvot määritetään paalutuskoneen mukaan. Suurin sallittu kallistus on myös riippuvainen paalun metripainosta ja pituudesta, sekä kaltevuuden suunnasta paalutuskoneeseen nähden. Vinopaalujen yhteydessä paalutusalustan kantavuuteen on kiinnitettävä erityisesti huomiota.
 - Yleisesti takakallistuksella saavutetaan suurin kaltevuus: Lyhyillä paaluilla jopa 3:1, tyypillisesti 4:1 tai 5:1.
 - Sivukallistuksella 10:1 tai 20:1
 - Etukallistuksella 8:1 lyhyillä paaluilla, tyypillisesti 10:1 tai 20:1

2.3.1 Paalujen kiinnityksestä yläpuoliseen rakenteeseen – paalujen pääterästen ankkurointi

Tasakatkaistu paalu välittää ainoastaan puristavaa normaalivoimaa.

Mikäli paalu ja raudoitteet tasakatkaistaan tai ankkurointipituus alittaa minimiankkurointipituuden ($l_{b,min}$), käsitellään paalun ja rakenteen liitos laskennallisesti vetoa kestäväksi nivelenä. Paalun pituuden alittaessa 3 metriä tulee paalu kiinnittää jäykästi yläpuoliseen rakenteeseen.

Tarvittaessa paalu voidaan ankkuroida yläpuoliseen rakenteeseen paljastamalla paalun pääraudoitus. Tällöin ankkurointipituus määräytyy paalun pääterästen ja yläpuolisen rakenteen betonin ominaisuuksien perusteella.

Taulukko 2.2 RT Betonipaalujen® pääterästen ankkurointipituudet liittyvään rakenteeseen eri liittyvän rakenteen betonin lujuusluokilla. Raudoitteen vetovoimakapasiteetti.

		Tartuntapituus [mm]			$F_{t,d,min}$	$F_{t,d,max}$
Paalutyyppi	$l_{b,min}$	C25/30	C30/37	C35/45	[kN]	[kN]
RTB-250-16	140	560	490	450	93	370
RTB-300-16	160	670	560	510	110	490
RTC-300-16	250	960	850	770	190	750
RTC-350-16	280	1100	970	880	240	980

$F_{t,d,min}$ = paalun raudoitteen yhteenlaskettu murtorajatilan vetokapasiteetti kaikki pääteräkset huomioon ottaen ankkurointipituuden vähimmäisarvolla $l_{b,min}$ (Betoni C25/30)
 $F_{t,d,max}$ = paalun raudoitteen suurin murtorajatilan vetokapasiteetti kaikki pääteräkset huomioon ottaen ja suoralle paalun suuntaiselle vetovoimalle.
 $l_{b,min}$ = pääterästen ankkurointipituuden vähimmäisarvo

Taulukossa esitetyt arvot on laskettu paalun raudoitteen täydelle murtorajatilan vetokapasiteetille sarakkeen mukaisessa betonissa teräslajilla, jonka myötöraja 700 MPa ja toteutusluokassa 2. Raudoitteen ja rakenteen välillä oletetaan vallitsevan hyvät tartuntaolosuhteet.

Ankkurointipituus voidaan määrittää raudoitteessa vallitsevan voiman mukaan lineaarisesti interpoloimalla, kuitenkin siten, että ankkurointipituuden minimiarvo $l_{b,min}$ täyttyy. Ankkurointipituuteen rakenteessa lasketaan raudoitteen osuus, jolla betonissa ei esiinny raudoitustangon suuntaisia halkeamia, esim. perustusanturan alapinnan raudoituksen yläpuolella sijaitseva raudoitustankojen osuus.

Esimerkiksi paalulle RTB-300-16: Raudoituksen suhteen suurin mahdollinen vetovoima on 490 kN. Jos paaluun kohdistuvan vetovoiman mitoitusarvo on 100kN, tulee tartuntapituuden olla betonissa C30/37 $(100 \text{ kN} / 490 \text{ kN}) \cdot 560 \text{ mm} = 114 \text{ mm}$, joka jää alle minimiarvon ($l_{b,min} = 160 \text{ mm}$). Eli valitaan minimiarvo. Minimiarvolla laskettuna paalun ankkuroinnin vetokapasiteetti on $(160 \text{ mm} / 560 \text{ mm}) \cdot 490 \text{ kN} = 140 \text{ kN}$.

Ankkurointipituutta on mahdollista pienentää taivuttamalla raudoitetta, hitsaamalla poikkitankoja tai päätyankkureita. Ankkurointipituuden laskennallisessa määrittämisessä noudatetaan standardia SFS-EN 1992-1-1

2.3.2 RT Betonipaalujen® puristuskapasiteetit

R_{dstr} = paalun rakenteellinen kestävyys, jolloin murtotapana on paalun stabiliteetin menetys paalua ympäröivän maakerroksen murtuessa tai paalupoikkileikkauksen kapasiteetin ylittyminen.

R_{dgeo} = geotekninen kantavuus eli paalun suurin lyömällä osoitettavissa oleva murtorajatilan puristuskestävyys eri paalutustyöluokissa tämän Tuotelehden loppulyöntiehtoja käytettäessä

HUOM! R_{dstr} vastaa sisällöltään eurokoodeissa käytettävää termiä N_{Rd} .

Taulukossa 2.3 on esitetty RT Betonipaalujen® puristuskapasiteettien mitoitusarvot paalun rakenteellisen kestävyden (R_{dstr}) ja tämän Tuotelehden loppulyöntitaulukkoa käytettäessä paalun geoteknisen kantavuuden maksimiarvon (R_{dgeo}) osalta. Paalun puristuskestävyydeksi valitaan pienempi näistä kahdesta arvosta.

Taulukon 2.3 puristuskapasiteetteja voidaan käyttää RT Betonipaaluille® kaikissa standardin SFS-EN 13670 mukaisissa toteutusluokissa. .

Paalun geoteknisen kantavuuden maksimiarvoissa on käytetty korrelaatiokertoimena PO-2016 mukaista arvoa $\xi_s = 1,47$ (geotekninen puristuskestävyys iskuaaltoanalyysin avulla). Geoteknisen kantavuuden maksimiarvo valitaan kohteen paalutustyöluokan perusteella (PTL1-PTL3).

Paalun rakenteellinen kestävyys, R_{dstr} on määritetty Tampereen teknillisessä yliopistossa kehitetyn mitoitusmenettelyn avulla. Taulukon rakenteellinen kestävyys on määritetty aksiaalisesti kuormitetulle teräsbetonipaalulle, joka on kiinnitetty yläpäästään sivusiirtymättömään rakenteeseen.

Rakenteellisen kestävyden arvot on määritetty 4-5 erilaisella maan suljetulla leikkauslujuudella (c_u = maan suljetun leikkauslujuuden keskiarvo maaperätutkimusten perusteella) ja kolmella erilaisella käyttörajatilan pitkä- ja lyhytaikaisten kuormien suhteella (P = pitkäaikaiskuormien osuus; L = lyhytaikaisten kuormien osuus). Näiden väliltä kestävyys voidaan määrittää lineaarisesti interpoloiden. Taulukon pitkäaikaiskuormalla tarkoitetaan Eurokoodin (SFS-EN 1990) mukaan määritettyä kuorman pitkäaikaisosuutta.

Rakenteellisen kestävyden arvot esitetään taulukossa sekä jatketuille että jatkamattomille paaluille. Tällöin PO-2016:n mukaisesti paalun geometrinen alkutaipuma δ_g on jatkamattomalla paalulla = $L_{cr}/300$ ja jatkettulla paalulla = $L_{cr}/150$, kun L_{cr} = PO-2016 osan 1 kaavan 4.52 mukainen kriittinen nurjahduspituus.

Taulukko 2.3 RT Betonipaalu® puristuskapasiteetit murtorajatilassa

Paalutyyppi	R_{dstr} [kN]								R_{dgeo} [kN] *)		
		P [%]	L [%]	3	5	7	10	12	PTL1	PTL2	PTL3**)
RTB-250-16	Jatkettu paalu	100	0	375	508	613	739	805	624	698	791
		50	50	473	636	760	899	(947)			
		0	100	548	721	838	(947)	(1000)			
	Jatkamaton paalu	100	0	532	692	808	(927)				
		50	50	669	867	990	(1077)				
		0	100	764	933	1017	(1103)				
RTB-300-16	Jatkettu paalu	100	0	541	733	885	1063	1149	895	1001	1134
		50	50	678	916	1093	1282	(1344)			
		0	100	789	1036	1204	(1357)	(1431)			
	Jatkamaton paalu	100	0	765	995	1161	(1325)				
		50	50	967	1247	1415	(1532)				
		0	100	1099	1338	1455	(1574)				
RTC-300-16	Jatkettu paalu	100	0	578	788	957	1163	1277	1026	1147	1300
		50	50	733	987	1184	1427	(1549)			
		0	100	843	1121	1324	(1526)	(1622)			
	Jatkamaton paalu	100	0	826	1087	1283	1498				
		50	50	1049	1369	1595	(1778)				
		0	100	1195	1496	1661	(1821)				
RTC-350-16	Jatkettu paalu	100	0	790	1077	1307	1589	1746	1394	1558	1765
		50	50	1001	1346	1616	1946	(2092)			
		0	100	1149	1529	1805	(2078)	(2209)			
	Jatkamaton paalu	100	0	1128	1484	1750	2043				
		50	50	1431	1868	2174	(2411)				
		0	100	1629	2039	2260	(2478)				

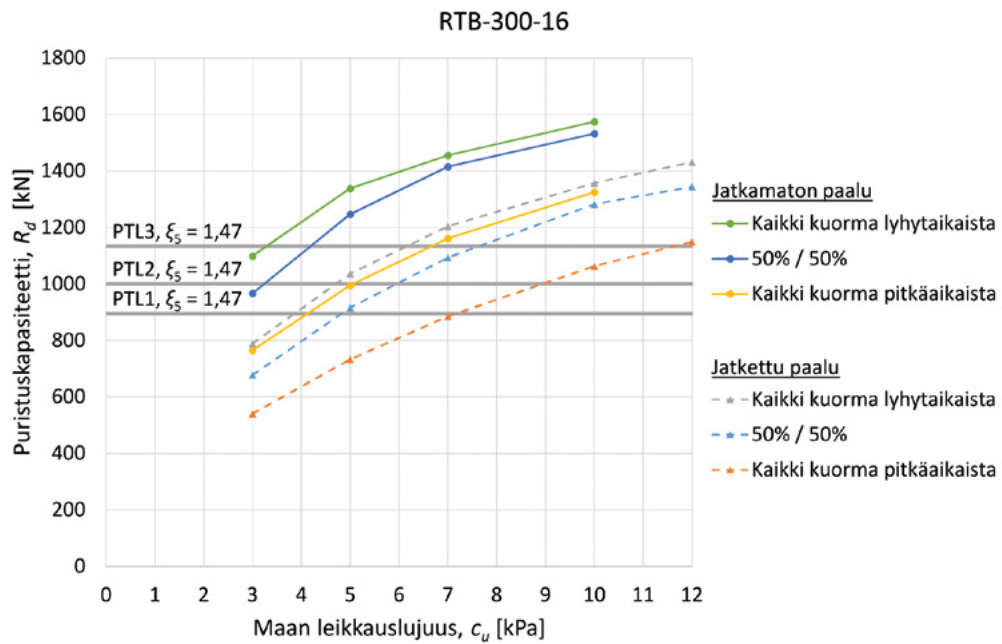
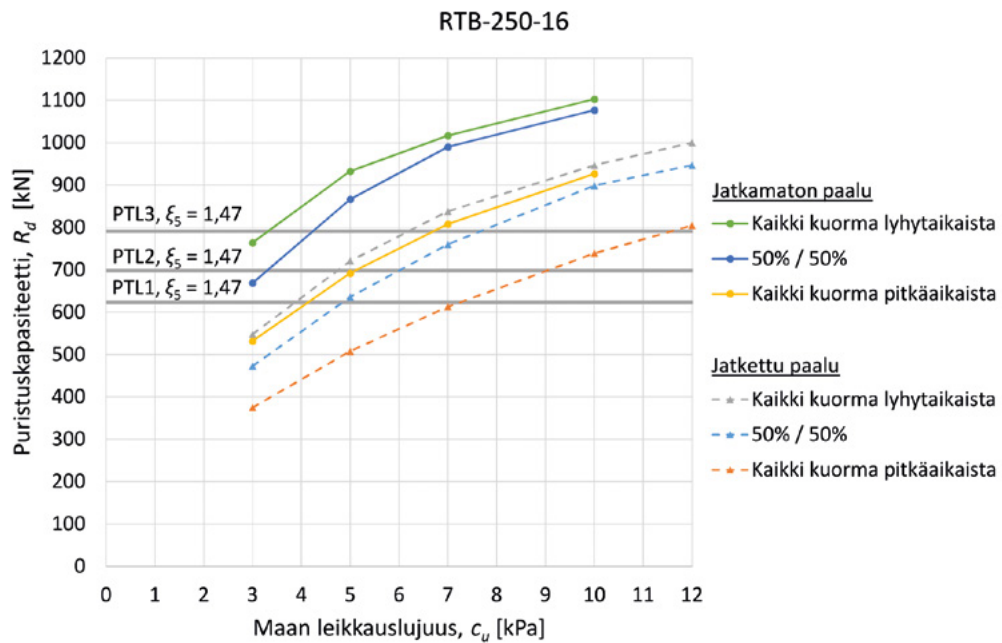
*) Korrelaatiokerroin $\xi_s = 1,47$

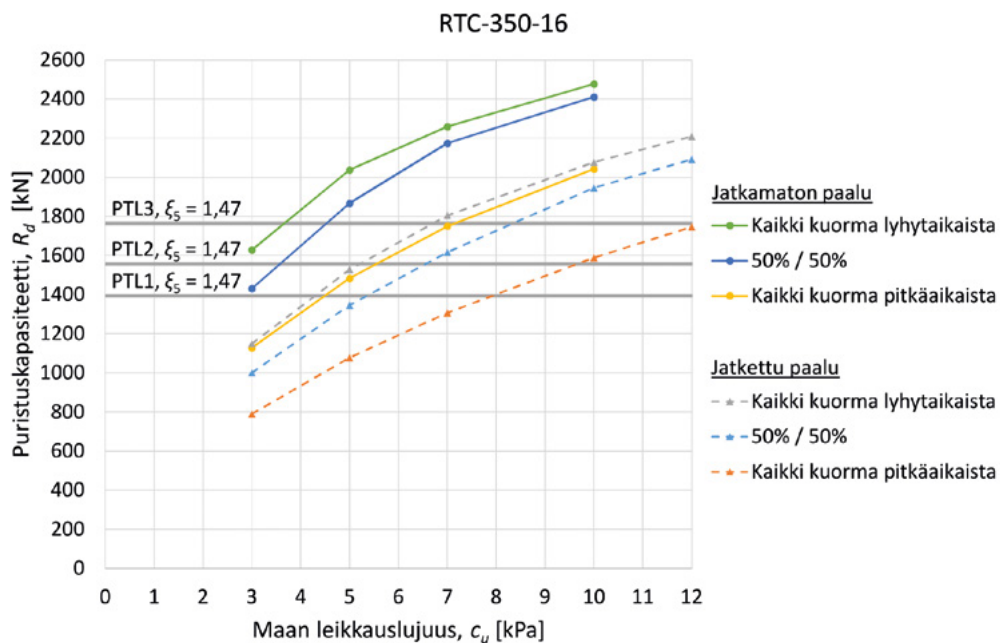
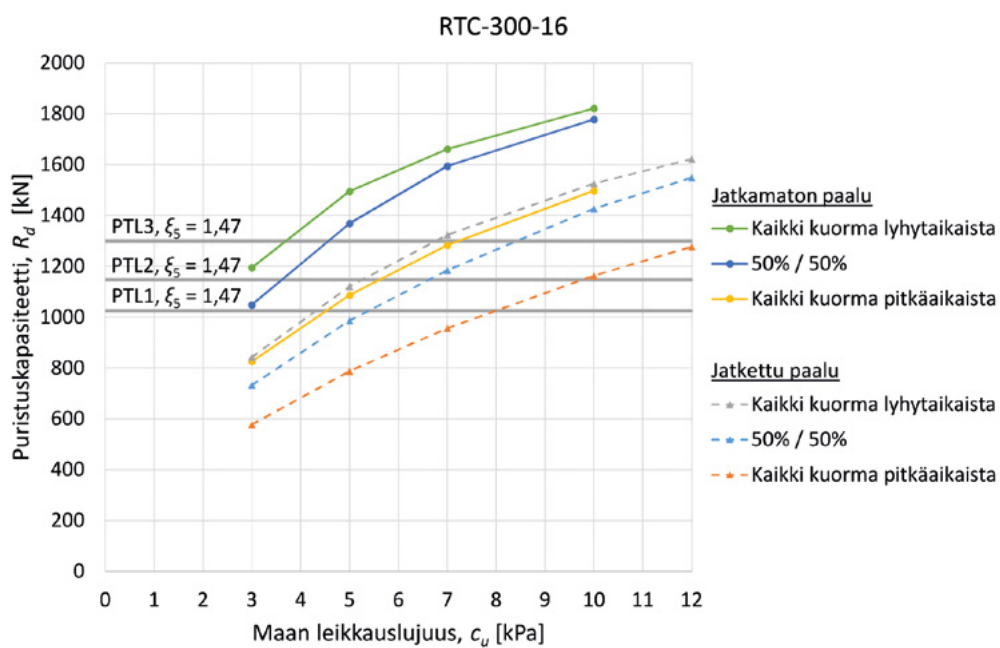
**) Paalutustyöluokassa PTL3 lyötävien paalujen geotekninen kestävyys R_{dgeo} on aina varmistettava joko dynaamisilla tai staattisilla koekuormituksilla.

Suluissa esitetty paalun rakenteellinen kestävyys (R_{dstr}) arvo tai tyhjä ruutu tarkoittaa sitä, että paalun puristuskestävyys tulee Tuotelehden loppulyöntitaulukkoa käytettäessä kaikissa tapauksissa määräytymään paalun geoteknisen kantavuuden maksimiarvon perusteella.

Alla olevassa kuvassa on esitetty RT Betonipaalojen® eri paalutyyppeiden rakenteelliset puristuskestävyydet murtorajatilassa maan leikkauslujuuden funktiona sekä jatkamattomille että jatketuille paaluille kolmelle lyhyt ja pitkäaikaisten kuormien suhteelle (100% / 50% / 0%).

Lisäksi vaakaviivoilla on esitetty geotekniset kantavuudet eri paalutustyöluokissa.





Kuva 2.1 RT Betonipaalojen® eri paalutyypin rakenteelliset puristuskestävyydet murtorajatilassa maan leikkauslujuuden funktiona sekä geotekniset kantavuudet eri paalutustyyloissa noudatettaessa kohdan 3.4 lopetuslyöntiehtoja.

Mikäli paalun geotekninen puristuskestävyys tullaan varmistamaan tämän tuotelehden loppulyöntiehtojen sijaan dynaamisten koekuormitusten avulla, määritetään paalun kantokyky suunnitteluvaiheessa taulukon 2.4 $R_{c,max}$ -arvojen avulla. $R_{c,max}$ tarkoittaa paalun geoteknisen puristuskestävyyden arvoa, joka paalusta voidaan enimmillään suunnitella osoitettavaksi lyöntityön perusteella. Paalun geotekninen puristuskestävyys voidaan suunnitella enintään mitoitusarvoon, joka saadaan jakamalla paalutustyöluokan perusteella määräytyvä $R_{c,max}$ -arvo korrelaatiokertoimella ξ_5 ja paalun osavarmuusluvulla $\gamma = 1,2$. Korrelaatiokerroin ξ_5 määräytyy muun muassa koekuormitettavien paalujen lukumäärän perustella ja sen määrittämisestä on kerrottu tarkemmin PO-2016:n osan 1 luvussa 4.5.2.4.

Paalujen toteutunut geotekninen puristuskestävyyden mitoitusarvo määräytyy lopulta dynaamisten koekuormitustulosten keskiarvon tai minimiarvon perusteella ja sen tulee aina olla vähintään yhtä suuri kuin suunnitteluvaiheessa määritetty geoteknisen puristuskestävyyden mitoitusarvo. Asennustyössä ja dynaamisen koekuormituksen aikana lyöntivoiman (mitattu maksimivoima FMX) ja mobilisoituneen staattisen vastuksen on mahdollista ylittää $R_{c,max}$ -arvot, mutta betonin puristusjännitys asennuksen aikana saa olla maksimissaan 80 % betonin puristuslujuudesta (vaihtoehtoisesti 88 %, mikäli jännityksiä mitataan).

Tämän ohjeen kohdan 3.4 lopetuslyöntiohjeita noudatettaessa betonin puristusjännitysten voidaan olettaa pysyvän sallituissa rajoissa riittävällä varmuudella asennustyön aikana. Dynaamisen koekuormituksen aikana sallitun jännityksen pieni ylitys yhdellä koekuormitusiskulla on hyväksyttävissä, mikäli paalussa ei näy silmämääräisiä vauriota ja paalun ehjyys todennetaan kovan iskun jälkeen tehdyllä uudella koekuormitusiskulla.

Edelleen tulee huomioida, että pehmeissä maakerroksissa paalun kantokyky voi määräytyä geoteknisen puristuskestävyyden sijaan paalun rakenteellisen kestävyys perusteella, jonka osalta kapasiteettiarvot on esitetty Taulukossa 2.3.

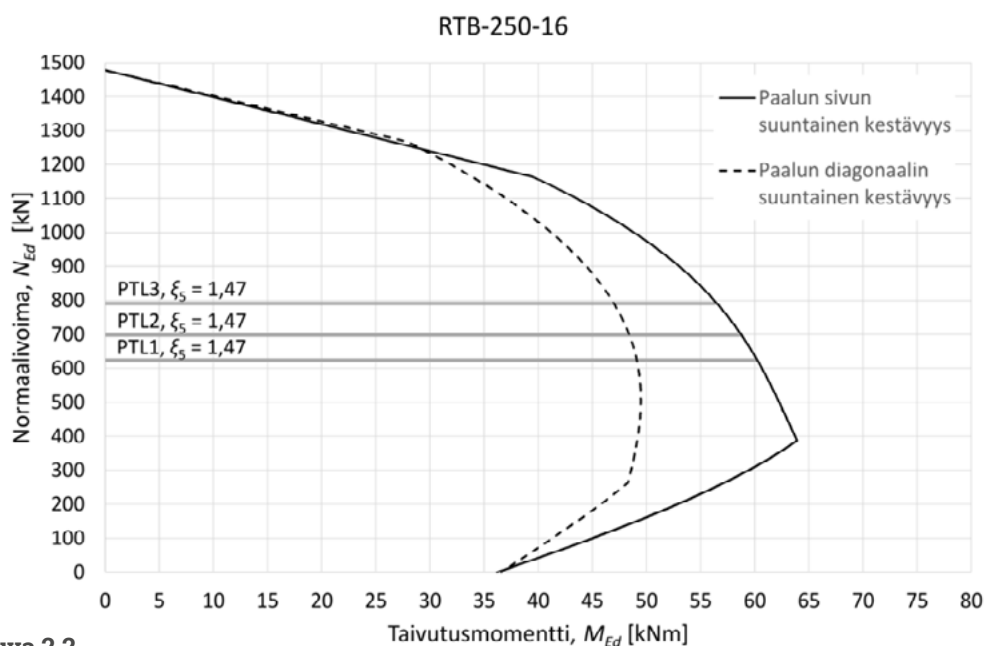
Taulukko 2.4 Lyönninkestävyyden kautta määräytyvä paalun puristuskestävyyden maksimiarvo $R_{c,max}$ RT betonipaaluille®.

	$R_{c,max}$ [kN]		
Paalutyyppi	PTL1	PTL2	PTL3
RTB-250-16	1101	1231	1395
RTB-300-16	1579	1765	2000
RTC-300-16	1811	2024	2293
RTC-350-16	2459	2748	3114

2.3.3 Yhteisvaikutuskäyrät RT Betonipaaluille®

Kuvissa 2.2-2.5 on esitetty normaalivoiman ja taivutusmomentin yhteisvaikutuskäyrät tässä Tuotelehdessä esitettyjen RT Betonipaalojen® eri tyyppien osalta. Käyrästöissä on esitetty paalun kestävyys tapauksissa, joissa taivutusmomentti vaikuttaa joko paalun sivun tai paalun diagonaalin suunnassa. Suositellaan käytettäväksi diagonaalin suuntaista yhteisvaikutuskäyrää, sillä yleensä on vaikeata varmistaa, että paalun sivun suunta saadaan asennettua taivutusmomentin vaikutussuuntaan. Yhteisvaikutuskäyrästä kestävyys verrataan mitoituskuormista aiheutuviin paalun rasituksiin. Kuvaajissa on esitetty myös paalun geoteknisen kantavuuden maksimi-arvot paalutustyöluokittain tämän Tuotelehden loppulyöntiehtoja käytettäessä.

Yhteisvaikutuskäyrät on määritetty käyttäen Eurokoodin SFS-EN 1992-1-1 mukaista betonin bilineaarista materiaaalimallia.



Kuva 2.2

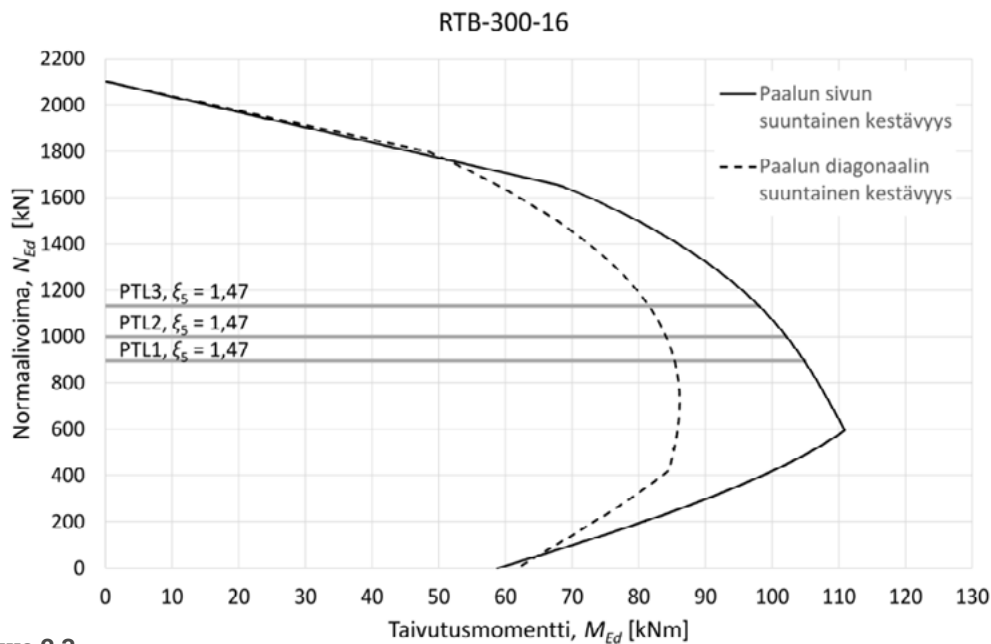
Paalutyyppi RTB-250-16

ξ_s = korrelaatiokerroin (PO-2016, kappale 4.5.2.4)

PTL1 = paalutustyöluokka 1

PTL2 = paalutustyöluokka 2

PTL3 = paalutustyöluokka 3



Kuva 2.3

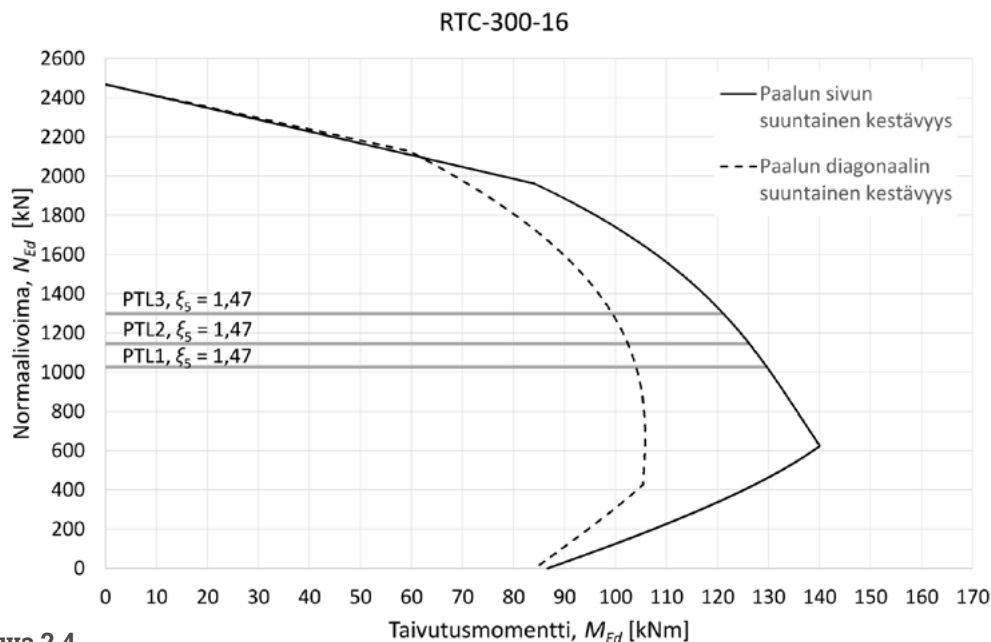
Paalutyypin RTB-300-16

ξ_s = korrelaatiokerroin (PO-2016, kappale 4.5.2.4)

PTL1 = paalutustöluokka 1

PTL2 = paalutustöluokka 2

PTL3 = paalutustöluokka 3



Kuva 2.4

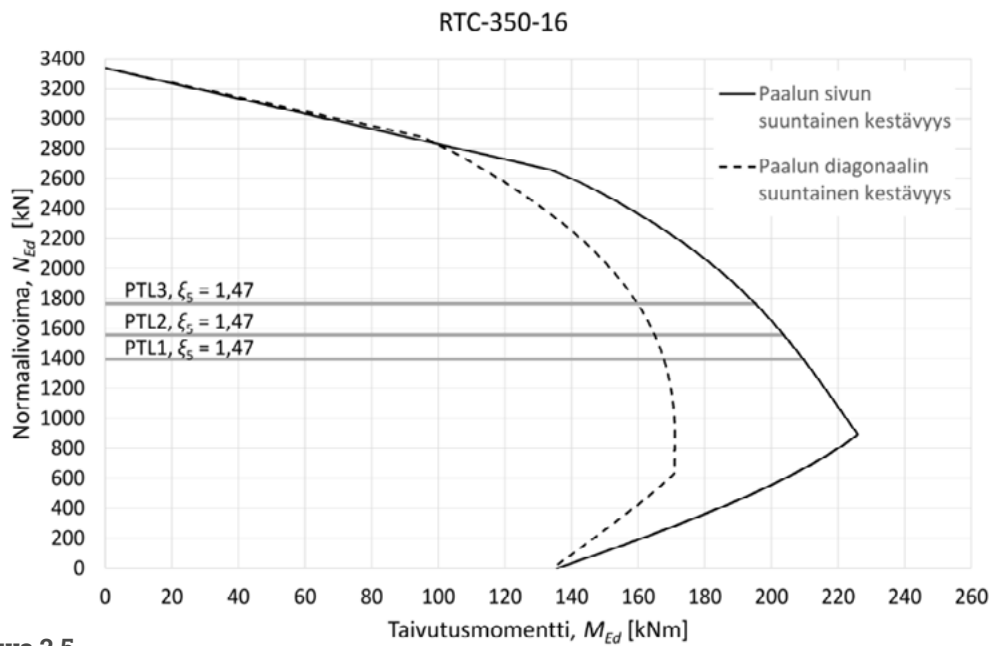
Paalutyypin RTC-300-16

ξ_s = korrelaatiokerroin (PO-2016, kappale 4.5.2.4)

PTL1 = paalutustöluokka 1

PTL2 = paalutustöluokka 2

PTL3 = paalutustöluokka 3



Kuva 2.5

Paalutyypin RTC-350-16

ξ_s = korrelaatiokerroin (PO-2016, kappale 4.5.2.4)

PTL1 = paalutustyöluokka 1

PTL2 = paalutustyöluokka 2

PTL3 = paalutustyöluokka 3





3. PAALUTUSTYÖ

Paalujen kuljetuksessa, varastoinnissa ja käsittelyssä on noudatettava tämän Tuotelehden ohjeita.

3.1 Työturvallisuus

Tämä Tuotelehti antaa suosituksia paalujen ja paaluvarusteiden käsittelystä. Valmistaja ei vastaa työmaalla tapahtuvista vahingoista, tapaturmista tai vaurioista. Tuotelehti ei ole kaiken kattava eikä se sisällä kaikkia paalujen ja paaluvarusteiden käsittelyssä huomioitavia yleisiä tai tapauskohtaisesti huomioitavia asioita. Käsittelyssä noudatetaan ensisijaisesti lakeja ja määräyksiä sekä PO-2016 ja työmaan ohjeita.

Paaluja käsiteltäessä on käytettävä kypärää, turvakengkiä, suojalaseja, -vaatetusta ja -käsineitä ottaen huomioon työmaan ohjeet.

Työmaan kulkuteiden ja kuorman purkupaikan tulee olla ajokelpoisia, riittävän kantavia ja tilavia paalujen kuljetusauton ominaisuudet huomioon ottaen. Ajotien kaltevuus saa olla enintään 10 % ja talvella sen tulee olla hiekoitettu, kuorman purkupaikan tulee olla alustaltaan tasainen ja kantava, sen sijoittelussa tulee ottaa huomioon mahdolliset sähkölinjat ja riittävät turvaetäisyydet.

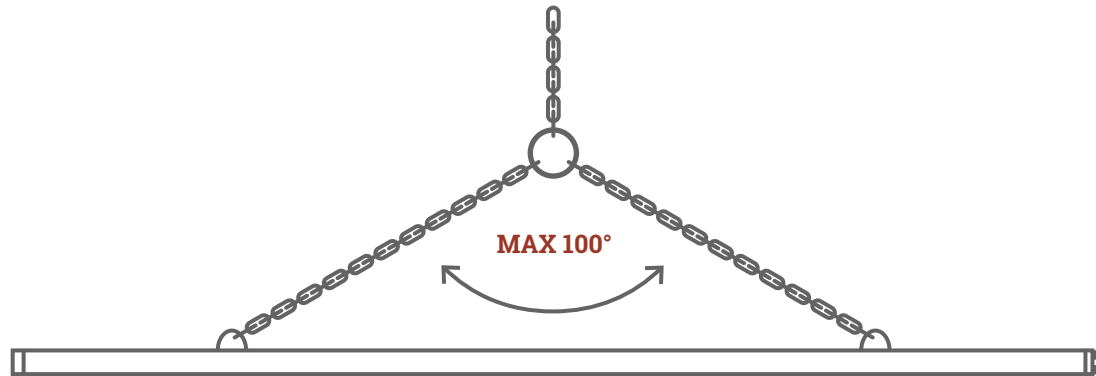
3.1.1 Paalujen kuljetus

Nostoissa on huomioitava aina mm. nostotöille yleisesti asetetut turvallisuusmääräykset, lait ja asetukset sekä nostolaitteiden ja nostoapuvälineiden toimittajien ohjeet. Nostoissa ja siirroissa tulee käyttää vain hyväksyttyjä nostoapuvälineitä. Nostoissa on varmistuttava, että välineitä käytetään ohjeiden mukaisesti. Roikkuvan taakan alle ei saa mennä. Paalut tulee tukea kuljetuksen ajaksi kuten varastoitaessa ja kiinnittää huolellisesti vaurioiden estämiseksi.

Paalut ja tarvikkeet eivät rikkoudu helposti, mutta huolimattomalla käsittelyllä niihinkin voidaan aikaansaada vaurioita, jotka vaikuttavat paalujen käyttöön ja ominaisuuksiin. Käsittelyssä on varmistuttava, että tuotteisiin ei aiheuteta pysyviä muodonmuutoksia eikä muita vaurioita.

3.1.2 Paalujen varastointi ja käsittely työmaalla

Paalut ja niissä käytettävät varusteet varastoidaan ja niitä käsitellään työmaalla siten, että niihin ei synny vaurioita. Suositeltavin tapa paalun siirtämiseen työmaalla on nostaa sitä kumpaakin nostolenkkiä ja sallittua ketjujen haarakulmaa käyttäen.



Kuva 3.1 Paalun siirto työmaalla

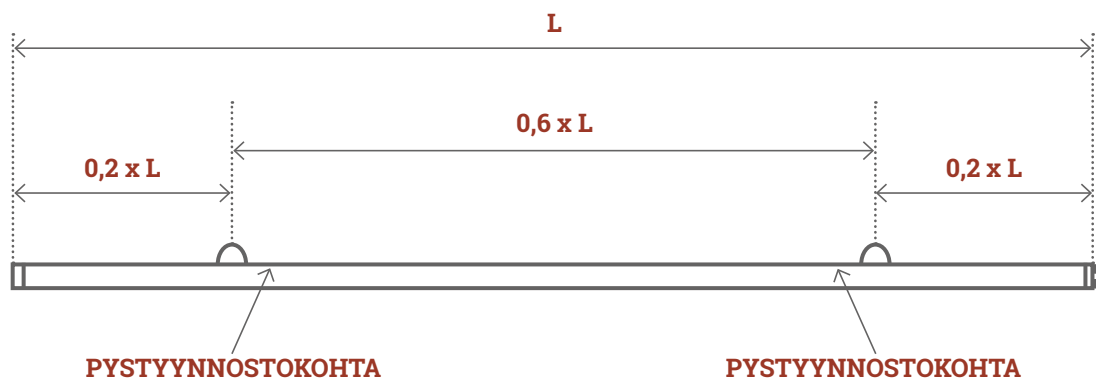
Alustan, jolle paalutuotteet sijoitetaan, on oltava niin suora, että paalut eivät varastoinnin aikana vaurioidu. Paalut varastoidaan nostolenkkien kohdalle asetettujen (puisten) tukien varaan tai tasaiselle maalle rinnakkain. Paalujen varastoimista pinoamalla useampaan kerrokseen ei suositella.

Paalukuorman purku työmaalla

- Auton vieressä ei voi olla telineitä, koska paalut puretaan suoraan maahan.
- Nostokoukkujen asennus paalujen nostolenkkeihin suoritetaan lavalla seisten (työskentelykorkeus on tällöin alle 2 m).

3.1.3 Paalujen pystyynnosto työmaalla

Paalu nostetaan pystyyn kiinnittämällä nostoketju kiristyvästi paalun varteen, siten ettei kiinnityskohta tule nostolenkin ja paalun pään väliselle paalun osalle. Paalua ei myöskään saa nostaa pystyyn nostolenkistä.



Kuva 3.2 Paalun pystyynnostokohdan sijainti

3.2 Paalujen asentaminen

Työmaa-alueen tulee olla riittävän laaja, jotta paalutus voidaan suorittaa turvallisesti ja aiheuttamatta vaaraa ympäristölle. Päätoteuttajan on tehtävä kirjallinen rakennustyömaa-alueen käytön suunnitelma (PO-2016 5.3.1).

3.2.1 Paalutusalusta

Paalutusalusta on aina suunniteltava tapauskohtaisesti maaperän lujuuden ja käytettävän kaluston mukaan. Paalutusalustan suunnittelusta vastaa kohteen vastaava pohjarakennesuunnittelija.

Ennen työn aloittamista urakoitsijan on tarkastettava työmaa-alueen olosuhteet: paalutusalustan kantavuus, kaltevuus ja mahdolliset kaivannot.

3.2.2 Iskusuoja ja lyöntilevy

ISKUSUOJA

Iskusuojan tehtävä on vähentää paaluun lyönnin aikana syntyviä vetoaaltoja sekä suojata paalun yläpäättä. Iskusuojoissa suositellaan käytettäväksi materiaalia, jonka ominaisuudet säilyvät mahdollisimman muuttumattomina paalutuslyöntien aikana, tämä koskee erityisesti kimmomoduulia.

Yleisesti käytetty materiaali on kuiva lehtipuu (koivu, pyökki, tammi), jonka syyt ovat pystysuoraan paalua vasten. Mikäli ympäristö- ja työsuoja-vaatimusten takia (palokaasut, savu, tuli) puinen iskusuoja ei sovellu käytettäväksi, suositellaan sulavaa/käyttölämpötilassa palamatonta teollisesti valmistettua erikoismateriaalia.

Iskusuojan kunto tulee tarkastaa ennen jokaisen paalun lyöntien aloittamista ja sen liiallinen kuluminen on tärkeää havaita nopeasti myös paalun asennuksen aikana.

LYÖNTILEVY

Lyöäessä alapaalua tiiviiseen maaperään suojataan paalujatkos tähän tarkoitukseen valmistetulla lyöntilevyllä. Lyöntilevy estää paalujatkoksen lukitusosien vaurioitumisen.



3.3 Upotuslyönnit

Paaluun syntyy puristus- ja vetojännityksiä aina, kun sitä lyödään. Jännitykset eivät saa missään asennuksen vaiheessa ylittää standardissa SFS-EN 12699 esitettyjä rajoja.

Suurimmat vetojännitykset paaluun syntyvät yleensä upotuslyöntien aikana paalun kärjen ollessa pehmeässä maakerroksessa. RT-Tuotelehden mukaisille RT Betonipaaluille® on tehty PO-2016 mukainen vetojännitystarkastelu.

- Lyödessä paalua koheesiomaahan, suositellaan käytettäväksi mahdollisimman pientä pudotuskorkeutta, rajauksena voidaan pitää noin 10 cm pudotuskorkeutta kaikille 3-5 tonnin järkäletyypeille.
- Lyödessä paalua täytön läpi, jonka alapuolella on koheesiomaakerros, on noudatettava erityistä varovaisuutta ja pudotuskorkeus pidetään mahdollisimman pienenä.

3.4 Lopetuslyönnit käytettäessä RT Betonipaaluja®

Tuotelehden lopetuslyönnit on laskettu PO-2016 mukaisella menetelmällä. Lopetuslyönnit on laskettu 3t, 4t ja 5t järkäleille. Järkäletyypit on jaettu 3 eri ryhmään: kiihdyttämätön (kaikki vapaasti putoavat järkäleet), kiihdytetty (hydraulisesti kiihdytetyt järkäleet esimerkiksi Junttan HHK A/S- sarjan järkäleet) ja kiihdytetty>1g (hydraulisesti kiihdytetyt järkäleet, jossa kiihdytys on yli 1g, esimerkiksi Junttan SHK- sarjan järkäleet).

Kaikki paalutyypit lyödään **20 mm pysyvään painumaan 10 lyönnillä** tai tiukempaan käyttäen taulukoissa esitettyä lyöntienergiaa tai pudotuskorkeutta. Energiamittareilla varustetuissa koneissa käytetään ensisijaisesti lyöntienergiaa kriteerinä. Taulukoissa pudotuskorkeus on pyöristetty lähimpään 5 cm. Lyöntikorkeuden tarkempi esitys ei ole järkevää, koska lyöntikorkeuden määrittäminen paalutustyössä perustuu yleensä silmämääräiseen arviointiin.

Lopetuslyöntitaulukkoja voidaan käyttää järkäleille, mikäli iskusoja on kohdan 3.2.2 mukainen (iskusojan kimmomoduuli on n. 1 000 MPa)

Paalutustyöluokan PTL3 paalujen lopetuslyönnit varmistetaan aina PDA-mittauksilla. Taulukossa on esitetty PTL3 mukaiset lopetuslyöntikorkeudet, joita voidaan käyttää vain alustavina arvioina.

Kun paalun kärki ulottuu kantavaan maakerrokseen ja paalun painuma pienenee, lyödään loppulyönnit, yleensä 3–5 kymmenen lyönnin sarjaa. Loppulyöntisarjojen lukumäärä määritellään olosuhteiden mukaan. Jos paalun painuminen pienenee hitaasti, lyödään useampia sarjoja, ja jos painuma pienenee nopeasti, lyödään vähemmän.

Mikäli paalun painuma alittaa 10 mm 10 lyönnillä, on lyönti lopetettava välittömästi paalun vaurioitumisen estämiseksi. Lyönti voidaan lopettaa, jos paalu on lähellä tavoitetasoa, tai jos mikään muu erityispiirre ei pakota jatkamaan paalun upotusta, esimerkiksi jos paalu on kaukana tavoitetasosta tai paalun on tukeuduttava kallioon tms. Mikäli upotusta jatketaan, käytetään maksimissaan 0,2 m pudotuskorkeutta.

Pituuden vaikutus lyöntienergiaan/pudotuskorkeuteen:

Lyhyet paalut

- 5 m < paalun pituus ≤ 10 m: voidaan lyöntienergiaa pienentää 10%, vastaa käytännössä 5 cm pudotuskorkeutena
- paalun pituus ≤ 5 m: voidaan lyöntienergiaa pienentää 20%, vastaa käytännössä 10 cm pudotuskorkeutena

Pitkät paalut

- Paalu ≥ 50 m, on lyöntienergiaa nostettava 10%, vastaa käytännössä 5 cm pudotuskorkeutena

Jos taulukossa esitetty pudotuskorkeus on yli 50 cm, suositellaan käyttämään painavampaa tai tehokkaampaa järkälettä tai tarkistamaan loppulyöntiehto PDA-mittauksen avulla.

Taulukko 3.1 RTB-250-16 pudotuskokeus / lyöntienergia

H = pudotuskorkeus E = lyöntienergia

Paalutus- työluokka	Järkäleen massa	Kiihdyttämätön		Kiihdytetty		Kiihdytetty >1g	
		H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]
PTL1	3 t	35	9	30	9	25	9
	4 t	30	9	25	9	20	9
	5 t	25	10	20	10	20	10
PTL2	3 t	40	11	40	11	30	11
	4 t	35	12	30	12	25	12
	5 t	30	13	25	13	20	13
PTL3	3 t	55	14	45	14	40	14
	4 t	45	15	40	15	30	15
	5 t	40	16	30	16	25	16

Taulukko 3.2 RTB-300-16 pudotuskokeus / lyöntienergia

H = pudotuskorkeus E = lyöntienergia

Paalutus- työluokka	Järkäleen massa	Kiihdyttämätön		Kiihdytetty		Kiihdytetty >1g	
		H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]
PTL1	3 t	50	12	40	12	35	12
	4 t	40	13	35	13	30	13
	5 t	30	14	30	14	25	14
PTL2	3 t	60	15	50	15	45	15
	4 t	45	16	40	16	35	16
	5 t	40	17	35	17	30	17
PTL3	3 t	75	19	65	19	55	19
	4 t	60	20	50	20	40	20
	5 t	50	21	40	21	35	21

Taulukko 3.3 RTC-300-16 pudotuskokeus / lyöntienergia

H = pudotuskorkeus E = lyöntienergia

Paalutus- työluokka	Järkäleen massa	Kiihdyttämätön		Kiihdytetty		Kiihdytetty >1g	
		H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]
PTL1	3 t	60	16	55	16	45	16
	4 t	50	16	40	16	35	16
	5 t	40	17	35	17	30	17
PTL2	3 t	75	19	65	19	55	19
	4 t	60	20	50	20	40	20
	5 t	50	21	45	21	35	21
PTL3	3 t	90	24	80	24	65	24
	4 t	70	25	65	25	50	25
	5 t	60	26	55	26	45	26

Taulukko 3.4 RTC-350-16 pudotuskokeus / lyöntienergia

H = pudotuskorkeus E = lyöntienergia

Paalutus- työluokka	Järkäleen massa	Kiihdyttämätön		Kiihdytetty		Kiihdytetty >1g	
		H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]	H[cm]	E[kNm]
PTL1	3 t	80	21	75	21	60	21
	4 t	65	22	55	22	45	22
	5 t	55	23	45	23	40	23
PTL2	3 t	100	26	90	26	75	26
	4 t	75	26	65	26	55	26
	5 t	65	27	55	27	45	27
PTL3	3 t	125	31	110	31	90	31
	4 t	95	33	85	33	70	33
	5 t	80	34	70	34	60	34

Uusi lyöntisuoja teräsbetonipaaluille



MUITA OMINAISUUKSIA:

- ei liukene veteen DIN ISO 62
- laaja käyttölämpötila -40...+40 Cels.
- muokkautumislämpö +80 Cels.
- sulamislämpö +200 Cels.
- syttymislämpö +340 Celsius, materiaalin palaessa haisee steariinille
- REACH luokittelu ja rekisteröinti ei rekisteröitävä aine
- paalukoot 250*250, 300*300, 350*350, 400*400 tai erillinen paalukoko/malli
- yhtäjaksoinen lyöntimäärän kesto 3000 - 5000 lyöntiä, pienemmillä lyöntimäärillä lyöty 63kpl 350*350 paalua L=12m

Junttan on kehittänyt uuden lyöntisuojan puisten tai muista puun kaltaisista materiaaleista valmistettujen lyöntisuojiin korvaamiseksi paremmin toimivalla ratkaisulla. Uuden konseptin mukainen lyöntisuoja valmistetaan PE-erikoismateriaalista.

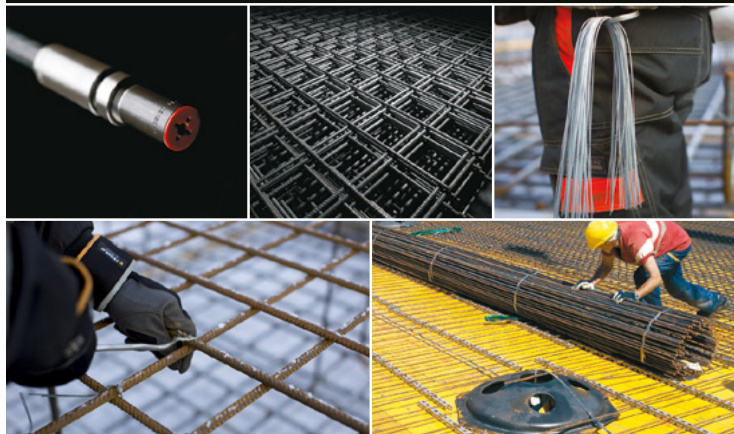
PE-ERIKOISMATERIAALISTA VALMISTETUN LYÖNTISUOJAN EDUT:

- Testaustyön tuloksena on löydetty materiaali, joka omaa optimaalisen energian siirtymisen paaluun jokaisella lyönnillä homogeenisen rakenteen ja erityisesti tarkoitukseen kehitetyn kimmokertoimen avulla. Kimmomoduli pysyy vakiona lähes koko käyttöiän < 1000MPa koko elinkaari.
- Puhtaampaa ja turvallisempaa paalutusta, ei pala tai savua, ei haitallisia päästöjä. Työntekijöiden altistus savukaasuille ja pienhiukkasille vähenee verrattuna puun käyttöön paalun ja iskutyynyn välissä. Savua ei myöskään leviä paalutustyömaan lähialueille. Riippuvan taakan alla työskentely myös vähenee.
- Paalun suojaus, sulan lyöntisuojan näkee visuaalisesti valumana paalun päällä.
- Lyöntisuoja on helppo vaihtaa, ja kulunut pehmike sulaa paalun päälle eikä pakkaudu paalupesään.
- Lyöntisuoja kestää pidempään ja on tasalaatuista.
- Lyöntisuoja on täysin kierrätettävää materiaalia, ja syntynyt jäte voidaan hävittää energiatehtaan tai toimittaa muihin muovin kierrätyspalveluihin uuden muovin valmistamiseksi. EC jättekoodi 120105 ja 200139, EWC: ei vaarallinen aine.
- Materiaali on varastointikelpoinen, vähäiset mitta- ja ominaisuuksien muutokset.



Rakentajan valinta

Betoniteräkset, valmisraudoitteet,
raudoitusverkot ja betonirakentamisen
tarvikkeet kaikki yhdestä osoitteesta – Celsalta!



www.celsa-steelservice.com

celsa
steelservice

Perusta laadulle.

Parhaat paalujen valmistajat
haluavat laadukkaita paalu-
tarvikkeita luotettavasti ja kil-
pailukyysisesti, siksi Emecan
tuotteet menestyvät. Ne var-
mistavat laadukkaan, turval-
lisen ja kustannustehokkaan
työskentelyn paalutuksen koko
ketjussa.

WWW.EMECA.FI

EMECA
WORLD'S FINEST
PILING COMPONENTS

Paalujatkokset, kalliokärjet, maakärjet ja muut paalutarvikkeet

Emeca Oy Hiljasentie 28 C 27710 KÖYLÖ Puh. (02) 5545 353 Fax (02) 5545 354

HTM

PAALUT

www.htmyhtiot.fi

**Jatkuvasti kärjessä
jo vuodesta 1964.**



PAALU-
JATKOKSET



KALLIO-
KÄRJET

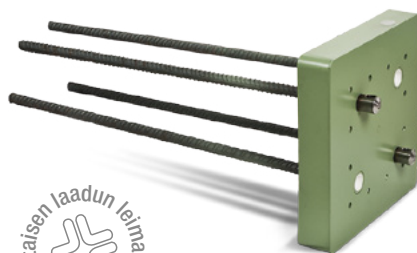


VALU-
OHJAIMET



TEKNIINEN
TUKI

**CE -MERKITTY
PAALUTARVIKKEET**



LEIMET
Piling Quality™

Leimet Oy | Yrittäjätie 7 | 27230 LAPPI | Puh: (02) 8387 3300 | www.leimet.fi

BETONIPAALUTUKSEN VAHVA KEHITTÄJÄ



AMMATTIMATKASEEN RAKENTAMISEEN

Lujabetonin vahvasta paalutustietämyksestä on hyötyä asiakkaalle. Lujabetoni on kehittänyt järjestelmällisesti paalutusratkaisuja tuotteista koneisiin ja kehitystyö jatkuu. Asiakkaiden käytössä on koko projektin ajan tekninen tukemme. Meiltä saat tuotteet kaikkiin paalutustarpeisiin ja hyvin sijoittunut tehdasverkkomme takaa toimitusvarmuuden valtakunnallisesti.

Kannattaa ottaa yhteyttä vahvimpaan betoniosajaan.
Myyntimme on valmiina kertomaan lisää!

P. 020 789 5500

Lujabetoni
VAHVIN BETONIOSAAJA

WWW.LUJABETONI.FI



- Betonipaalaus
- RR-paalaus 90–1200mm



MAASTOSEPPO

www.maasto-seppo.fi

0400 580 660

**KAIVAA • URAKOI
KULJETTAA • PAALUTTAA
PONTTAA • PORAA**



Urakointi: Mykrä Jorma p. 0440 379151

Kaivuut & kuljetukset: Mykrä Juha p. 0440 379152

Paalutukset: Riihiluoma Ville p. 0440 379156

Vuokraus: Lammela Juha p. 0440 379159

Maanrakennus Mykrä Oy

Päivöläntie 1, 28400 Ulvila

p. 02 5379150 | www.mm-mykra.fi

- Lyöntipaalaus
- Paalunkatkaisu
- Kaivannon tuenta teräsponteilla
- Lavettikuljetukset
- Maansiirto- ja vesihuoltotyöt



**NISKASEN
MAANSIIRTO OY**

Vuodesta
1948

Viikatie 14, Haapajärvi p. (08) 764 600
www.niskasenmaansiirto.fi



Pirkan Rakentajapalvelu



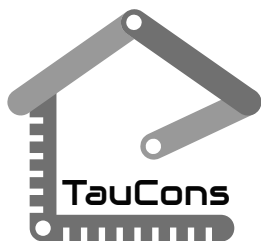
- Lyöntipaalutukset
- Porapaalutukset
- Mittaukset
- Pontitukset
- Tukiseinät ja ankkuroinnit

**Luotettavaa kokemusta ja
ammattitaitoa jo yli 30 vuotta**

PRP

Puh: 0400 625 084

jouni.valkila@pirkanrakentajapalvelu.fi



PDA | PIT | CAPWAP

Paalumittaukset

Joustavasti ammattitaidolla



www.taucons.fi

Junttapojat Oy



Kiwa Inspecta tarjoaa paalutuksiin laatua ja luotettavuutta

- Paalujen dynaamiset koekuormitukset (PDA)
- Paalujen ehjyysmittaukset (PIT, PET)
- Signaalin sovitus (CAPWAP-analyysit)

Noudatamme mittauksissa Liikenneviraston ohjetta 31/2016 "Paalujen dynaaminen koekuormitus ja ehjyysmittaus". Mit-taajamme ovat ammattitaitoisia ja suorittaneet vaadittavat pätevyyskokeet.

Lue lisää palveluistamme:

www.inspecta.fi

Asiakaspalvelu: p. 010 521 600

asiakaspalvelu@inspecta.com





Kangasala-talo, Kangasala.
Arkkitehtuuritoimisto Heikkinen-Komonen Oy.
Vuoden Betonirakenne 2015.

Tuomas Uusheimo

turvallisesti kivistä
betoni.com
lue



RT Betonipaalujen® Tuotelehti 2018 on uudistettu versio "TUOTELEHTI PO-2011 mukaiseen paalutustyöhön" -julkaisusta, joka on päivitetty vastaamaan tämän päivän tarpeita ja vaatimuksia. Päivitystarpeen käynnisti uusi RIL ry:n Paalutusohje 2016 sekä paalujen kantavuuden mitoituksista teetetty laaja tutkimus Tampereen teknillisellä yliopistolla Liikenneviraston ja RTT ry:n paalujaoksen toimesta. Kyseisen tutkimuksen tuloksena on saatu käyttöön aiempaa täsmällisempi paalujen mitoitusmalli ja sen perusteella on kehitetty uusi tuoteryhmä RT Betonipaalu®, jonka paalutuotteille voidaan sallia aiempaa korkeampia kuormituksia. Tämä Tuotelehti

on ajanmukaistettu opas betonipaalu-perustusten suunnittelulle ja paalutustyölle käytettäessä RT Betonipaaluja®, siihen on lisätty myös työturvallisuusohjeistusta. Tuotelehti toimii tiiviinä käsikirjana RT Betonipaalujen® käyttöön ja paaluperustusten suunnitteluun, uudistuneen Paalutusohjeen 2016 ja standardien mukaisesti. Siinä esitellään uusia tuoteratkaisuja erilaisiin olosuhteisiin ja työohjeita paalutustyöhön.

Tämä Tuotelehti korvaa vuonna 2011 ilmestyneen julkaisun "TUOTELEHTI PO-2011 mukaiseen paalutustyöhön".